

AH

U.S. EXPRESS MAIL

EV 636 851 417 US

Page 1 of

Device for calibrating distance-measuring apparatus

JUNE 17 2005

Patent number: DE19643287
Publication date: 1998-04-23
Inventor: GIGER KURT (CH)
Applicant: LEICA AG (CH)
Classification:
 - **International:** G01S7/48; G01S17/08; G01J9/00
 - **European:** G01S7/497
Application number: DE19961043287 19961021
Priority number(s): DE19961043287 19961021

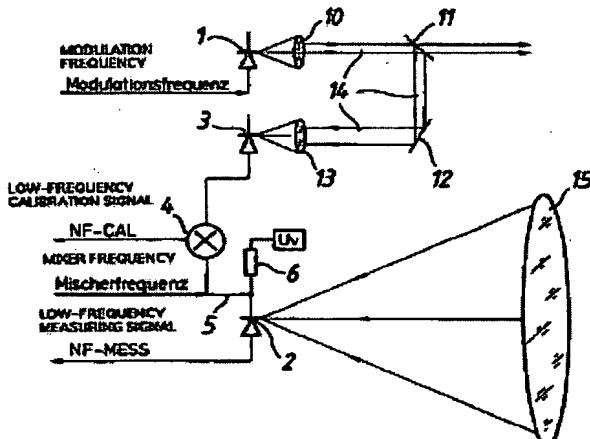
Also published as:

- WO9818019 (A1)
- EP0932835 (A1)
- US6463393 (B1) ✓
- EP0932835 (B2)
- EP0932835 (B1)

[more >>](#)[Report a data error here](#)**Abstract of DE19643287**

The invention concerns a device for calibrating distance-measuring apparatus. A transmitter (1) emits high-frequency modulated optical radiation which is reflected by an object to be measured and is received by a measurement receiver (2). Part of the transmitter radiation is always decoupled as reference radiation and guided via a calibration path to a reference receiver (3) whose electrical signals are fed to a frequency mixer (4). The frequency mixer (4) and the avalanche photodiodes acting as measurement receivers (2) of the measuring radiation are interconnected directly via an electrical connection line (5) upon which a mixer frequency acts. As a result thereof, optoelectronic calibration which completely compensates the temperature-dependent phase shifts of the avalanche photodiodes is possible. Since, in addition, the phase shifts generated in the reference and receiver signals by the temperature drifts of the transmitter (1) compensate one another, the overall accuracy of the distance measurement is increased, in particular for short measuring times and immediately after the apparatus has been switched on.

Furthermore, in comparison with a successive mechanical calibration process, the measuring times are halved and advantages in terms of weight, cost and reliability are afforded since a mechanical change-over device is dispensed with.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

⑯ Aktenzeichen: 196 43 287.1
⑯ Anmeldetag: 21. 10. 96
⑯ Offenlegungstag: 23. 4. 98

⑦ Anmelder:
LEICA AG, Heerbrugg, CH
⑧ Vertreter:
Stamer, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 35579 Wetzlar

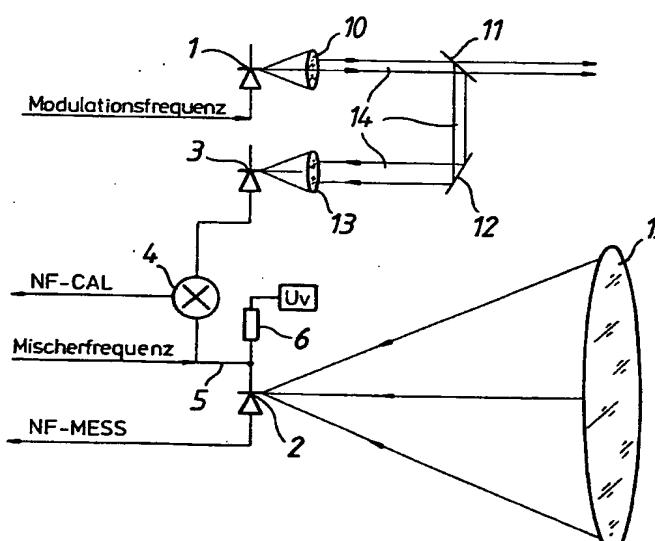
⑦ Erfinder:
Giger, Kurt, Ruethi, CH

⑨ Entgegenhaltungen:
DE 40 02 356 C1
DE 37 10 041 C2
DE 22 29 339 B2
DE 43 16 348 A1
CH 5 89 856 A5

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen
Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑩ Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten

⑪ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten. Ein Sender (1) emittiert eine hochfrequenz modulierte optische Strahlung, die von einem Meßobjekt reflektiert und von einem Meßempfänger (2) empfangen wird. Ein Teil der Senderstrahlung wird stets als Referenzstrahlung ausgekoppelt und über einen Kalibratorweg auf einen Referenzempfänger (3) geführt, dessen elektrische Signale einem Frequenzmischer (4) zugeleitet werden. Der Frequenzmischer (4) und die als Meßempfänger (2) der Meßstrahlung dienende Avalanche-Fotodiode sind über eine mit einer Mischfrequenz beaufschlagten Verbindung (5) direkt miteinander verbunden. Dadurch wird eine optoelektronische Kalibrierung ermöglicht, die die temperaturabhängigen Phasenverschiebungen der Avalanche-Fotodiode vollständig kompensiert. Da sich zudem auch die durch die Temperaturdriften des Senders (1) erzeugten Phasenverschiebungen im Referenz- und Empfangssignal gegenseitig kompensieren, ergibt sich insgesamt eine erhöhte Entfernungsmeßgenauigkeit insbesondere für kurze Meßzeiten und unmittelbar nach Einschalten des Geräts. Weiterhin ergeben sich im Vergleich zu einer sukzessiven mechanischen Kalibrierung halbierte Meßzeiten und zudem Gewichts-, Kosten- und Zuverlässigkeitsvorteile durch den Wegfall einer mechanischen Umschaltvorrichtung.



1
Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten entsprechend den Merkmalen im Oberbegriff der Ansprüche 1 und 2.

Entfernungsmeßgeräte der genannten Art sind als Handmeßgeräte im Handel. Ihr Entfernungsmeßbereich beträgt einige 10 m und sie werden hauptsächlich in der Bauvermessung, z. B. zum 3-dimensionalen Vermessen von Räumen eingesetzt. Der Sender emittiert eine intensitätsmodulierte Strahlung. Meist werden Wellenlängen im sichtbaren Bereich verwendet, was die Anzielung der Meßpunkte erleichtert. Die Strahlung wird vom Meßobjekt reflektiert bzw. gestreut und vom Empfänger aufgenommen. Aufgrund der Phasenlage der modulierten Strahlung gegenüber dem Sender ergibt sich die Entfernung zum Meßobjekt.

Es ist bekannt, daß die Meßgenauigkeit dieser Entfernungsmeßgeräte stark von Umwelteinflüssen und gerätebedingten Einflüssen bestimmt wird. Beispielsweise wirken sich wechselnde Umgebungstemperaturen, der große Dynamikbereich der Reflexion des beleuchteten Meßobjekts, aber insbesondere eine bauteilbedingte Temperaturdrift der Elektronik auf die Entfernungsmessung aus. Um diese Einflüsse zu verringern wird eine geräteinterne Referenzstrecke bekannter Länge zur Kalibrierung verwendet.

Aus der DE 40 02 358 C1 ist ein Abstandsmeßgerät bekannt, das eine Sendeeinrichtung mit zwei elektronisch komplementär schaltbaren Laserdioden enthält. Die eine Laserdiode schickt ihre Lichtwellenzüge auf die Meßstrecke, die andere auf die Referenzstrecke. Beide Lichtwellenzüge werden vom gleichen Fotoempfänger abwechselnd empfangen.

In der CH 589 856 A5 wird eine elektrooptische Distanzmeßeinrichtung beschrieben, die ebenfalls nach dem Phasenmeßprinzip arbeitet. Die von einer LED emittierte modulierte Strahlung wird an einem ersten Strahlenteiler aufgeteilt und auf einen Meßweg und auf einen Kurzweg geschickt. Im Strahlengang des Kurzweges befindet sich ein weiterer Strahlenteiler, der einen Teil dieser Strahlung auf einen Referenzempfänger führt. Der andere Teil dieser auf dem Kurzweg befindlichen Strahlung wird mit Hilfe einer steuerbaren Blende wechselweise mit der über den Meßweg kommenden Strahlung auf einen Meßempfänger gerichtet, so daß dieser abwechselnd ein Kalibrier- und Meßsignal empfängt. Diese beiden Signale werden jeweils gegen das im Referenzempfänger erzeugte Bezugssignal gemessen, wodurch die gegenseitige Beeinflussung von Sende- und Empfangselektronik vermindert und eine Entkopplung erreicht wird.

In der DE 43 16 348 A1 wird eine Vorrichtung zur Distanzmessung beschrieben, bei der mit Hilfe einer schaltbaren Strahlenumlenkeinrichtung eine interne Referenzstrecke erzeugt wird. Dabei wird die Strahlenumlenkeinrichtung um eine Achse motorisch in den Meßlichtstrahlengang eingeschwenkt, wo sie das Meßlicht jetzt als Referenzlicht zur Kalibrierung auf die Empfangseinrichtung lenkt. Durch die mechanische Umschaltung der Strahlenumlenkeinrichtung gelangen somit Referenzlicht und Meßlicht abwechselnd auf die Empfangseinrichtung. Diese Umschaltung kann während eines Entfernungsmeßvorganges mehrmals erfolgen.

In den genannten Schriften zum Stand der Technik wird die aufgewendete Meßzeit aufgrund der zeitlich nacheinander erfolgenden Messung von Meß- und Referenzstrahlung für die Entfernungsbestimmung nicht optimal ausgenutzt. Dies gilt sowohl für die Distanzmeßgeräte mit einer mechanischen Umschaltvorrichtung als auch für die mit einer komplementären elektronischen Umschaltung zweier Sen-

derdioden. So ist während des Empfangs der Meßstrahlung eine Detektion der Referenzstrahlung durch den Meßempfänger nicht möglich und umgekehrt.

Weiterhin verändern sich während der Meßzeit, also auch noch während der einzelnen Zeitbereiche der Detektion von Meß- und Referenzstrahlung, die Driftzustände der elektronischen Bauteile. Alle elektronischen Bauteile und Leitungen bewirken im Signalpfad eines optischen Entfernungsmeßgerätes Signalverzögerungen. Diese sind nicht nur statischer Natur sondern sie ändern sich auch zeitlich, insbesondere aufgrund der Temperatur der elektronischen Bauteile. Neben Temperaturänderungen der Umgebung ist hauptsächlich die Eigenerwärmung der Elektronik, hier vor allem der Senderelektronik, für die Drift der Signale verantwortlich. Ein Phasenmesser registriert diese Signalverzögerungen als Phasenverschiebungen, die zusätzlich zu der eigentlich zu bestimmenden entfernungsabhängigen Phasenverschiebung hinzukommen.

Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt direkt nach dem Einschalten des Entfernungsmeßgerätes, da in diesem Zustand die Temperaturänderungen der elektronischen Bauteile durch ihre Eigenerwärmung am größten sind. Dadurch kommt es zu besonders großen Signalverzögerungen, die eine Phasenverschiebung der Signale und somit Fehler in der Entfernungsmessung bewirken. Aber gerade für batteriebetriebene Handmeßgeräte besteht die Forderung, daß sofort nach Einschalten des Gerätes mit der spezifizierten Genauigkeit gemessen werden soll. Durch mehrmaliges Umschalten zwischen Meß- und Referenzstrahlung während einer Messung wird die thermische Drift der Elektronik zu einem Teil kompensiert. Eine hohe Meßgenauigkeit bei kurzen Meßzeiten unmittelbar nach dem Einschalten des Geräts wird dabei allerdings nicht erreicht.

Zudem sind die Geräte so eingerichtet, daß sich am Ende einer Entfernungsmessung nach einer kurzen Wartezeit zumindest die Hochfrequenzelektronik des Senders automatisch abschaltet, da diese besonders viel elektrische Energie verbraucht. Durch die automatische Abschaltung wird der Akkumulator des Handmeßgerätes gespart. Bei einer erneuten Meßanforderung schaltet sich das Gerät dann automatisch wieder ein, wobei sich die damit verbundenen thermischen Driftprobleme, wie oben geschildert, wiederholen.

Einen weiteren Anteil zur Meßgenauigkeit liefert auch die üblicherweise als Meßempfänger eingesetzte Avalanche-Fotodiode. Diese besitzt zwar den Vorteil einer hohen Verstärkung, dafür muß aber eine hohe, von der Temperatur der Diode abhängige Arbeitsspannung in Kauf genommen werden. Da jedoch die Arbeitsspannung in Abhängigkeit von der Diodentemperatur nachgeregelt werden muß, verändert sich zwangsläufig auch die Phasenlage des Empfangssignals und damit der Meßwert der Entfernung.

Schließlich ergeben sich bei mechanischen Mehrfachumschaltungen während eines Meßvorganges hohe mechanische Beanspruchungen und somit eine hohe Abnutzung der bewegten Teile. Entsprechend aufwendige Konstruktionen bedeuten andererseits wiederum hohe Herstellkosten und meistens ein großes Gewicht und Volumen.

Es ist die Aufgabe der Erfindung, bei der optoelektronischen Entfernungsmessung ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Kalibrierung anzugeben, mit denen hohe Entfernungsmeßgenauigkeiten bei kurzen Meßzeiten und insbesondere unmittelbar nach Einschalten des Geräts erzielt werden, die Zuverlässigkeit des Geräts erhöht wird und mit denen eine einfache und kompakte Konstruktion mit niedrigen Herstellkosten ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird erfundungsgemäß durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 (Verfahren) und des Anspruchs 2 (Vorrichtung) angegebenen Merkmale gelöst.

Erfindungsgemäß wird aus dem Senderstrahlengang des Entfernungsmeßgeräts permanent ein Teil der hochfrequent modulierten Senderstrahlung ausgekoppelt und über eine als Kalibrierstrecke dienende interne Referenzstrecke einem Referenzempfänger, z. B. einer PIN-Diode, zugeführt. Diese ist mit einem Frequenzmischer verbunden. Dieser Frequenzmischer wiederum ist direkt mit der als Meßempfänger der Meßstrahlung eingesetzten Avalanche-Fotodiode verbunden. In diese Verbindung wird ein hochfrequentes elektrisches Signal, das als Mischfrequenz bezeichnet werden soll, eingekoppelt. Diese Mischfrequenz wird somit einerseits über den Frequenzmischer mit dem hochfrequenten Modulationsignal der von dem Referenzempfänger empfangenen Referenzstrahlung gemischt, wodurch ein niederfrequentes Kalibriersignal entsteht. Andererseits wird die Mischfrequenz mit dem hochfrequenten Modulationsignal der von der Avalanche-Fotodiode empfangenen Meßstrahlung gemischt, wodurch ein niederfrequentes Meßsignal entsteht. Die Avalanche-Fotodiode stellt dabei einen sogenannten Direktmischer dar. Das niederfrequente Kalibrier- und das niederfrequente Meßsignal werden der Phasenmessung zugeführt. Dabei können zwei separate Phasenmesser zur gleichzeitigen Phasenmessung eingesetzt werden. Die Phasenmessung ist aber auch mit nur einem Phasenmesser durch sukzessives Messen möglich.

Entscheidend ist, daß durch die Verbindung zwischen dem dem Referenzempfänger zugeordneten Frequenzmischer und der Avalanche-Fotodiode sich die Signalverzögerungen, die sich aufgrund der variierenden Arbeitsspannung der Avalanche-Fotodiode ergeben, gleichermaßen auf das niederfrequente Kalibrier- und Meßsignal auswirken. Damit wird exakt dieselbe Phasenverschiebung bei dem niederfrequenten Kalibrier- und Meßsignal hervorgerufen und tritt deshalb bei der Phasenmessung mit Subtraktion der Meß- und Kalibrierphase nicht mehr auf.

Im Detail weisen Avalanche-Fotodioden gegenüber anderen Fotodioden eine etwa 100fach höhere Verstärkung und somit eine entsprechend hohe Empfindlichkeit auf. Sie benötigen dafür im Betrieb eine sehr viel höhere und temperaturabhängige Arbeitsspannung. Deswegen müssen Avalanche-Fotodioden mit variabler, von der Temperatur abhängiger Vorspannung betrieben werden. Dies hat zur Folge, daß sich die Kapazität einer Avalanche-Fotodiode mit der variierenden Vorspannung verändert, wodurch unerwünschte Phasenverschiebungen hervorgerufen werden. Diese Phasenverschiebungen sind jedoch sowohl für das von der Avalanche-Fotodiode gelieferte niederfrequente Meßsignal als auch für das niederfrequente Kalibriersignal wegen der Verbindung zwischen Frequenzmischer und Avalanche-Fotodiode gleich groß. Somit ist die temperaturabhängig variierende Vorspannung der Avalanche-Fotodiode als Fehlerquelle für den aus der Phasenmessung ermittelten Entfernungswert eliminiert.

Ebenso werden auch die Temperaturdriften des Senders, insbesondere der Senderdiode und der zugehörigen Treiberlektronik kurz nach dem Einschalten des Geräts durch den erfundungsgemäßen Kalibriervorgang kompensiert. Die Detektion von Meß- und Referenzstrahlung erfolgt zeitgleich, indem ständig ein Teil der Senderstrahlung des Referenzempfängers zugeführt wird. Diese Zuführung kann beispielsweise durch Auskoppeln der Referenzstrahlung mittels eines teildurchlässigen Spiegels aus dem Senderstrahlengang erfolgen. Die ausgekoppelte Strahlung gelangt über die Referenzstrecke auf den Referenzdetektor. Dabei kann auch immer eine ausreichende Intensität der zum Meßobjekt führenden Meßstrahlung gewährleistet werden, da mit Hilfe der heutigen leistungsstarken Halbleiterlaser als Sender die Stärke ihrer Strahlungsemision entsprechend geregelt wer-

den kann.

Dadurch, daß Referenz- und Meßstrahlung nicht zeitlich hintereinander sondern zeitgleich empfangen werden und ihre gegenseitige Phasenlage gemessen wird, kalibriert sich 5 eine Drift des Senders bei der Differenzbildung der Phasen heraus.

Insgesamt wird durch diese opto-elektronische Kalibrierung die Genauigkeit der Entfernungsmessung erhöht, und zwar unter den Anforderungen, daß nur kurze Meßzeiten zugelassen sind und daß sofort nach Einschalten des Geräts die erhöhte Meßgenauigkeit erreicht wird. Außerdem werden im Vergleich zu den herkömmlichen sukzessiven Meßmethoden die Meßzeiten auf etwa auf die Hälfte verkürzt, da Umschaltvorgänge entfallen. Auch die Gerätetruvallässigkeit wird durch die Erfindung verbessert, da keine mechanisch beweglichen Bauteile notwendig sind. Darüber hinaus wirkt sich der Wegfall der mechanischen Umschaltvorrichtung durch geringeres Gewicht und Volumen für ein Handmeßgerät positiv aus. Ebenso sind auch die damit verbundenen niedrigeren Herstellkosten von Vorteil. Schließlich ist mit den kurzen Meßzeiten eine deutlich größere Anzahl von Messungen bei einer vorgegebenen Akkumulatorladung möglich.

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung des Erfindungsgegenstandes und

Fig. 2 eine Kombination des Erfindungsgegenstandes mit einer herkömmlichen mechanischen Umschaltung.

In **Fig. 1** ist schematisch ein erfundungsgemäßes Entfernungsmeßgerät dargestellt. Die vom Sender 1 emittierte und von einer Kollimationsoptik 10 kollimierte optische Strahlung wird durch einen Strahlteiler 11 in ein Meßstrahlenbündel und in eine Referenzstrahlenbündel aufgeteilt. Die Meßstrahlung gelangt zu einem Meßobjekt, dessen Entfernung bestimmt werden soll. Die vom Meßobjekt reflektierte oder gestreute Strahlung wird in üblicher Weise über eine Empfangsoptik 15 auf einen Meßempfänger 2 geleitet.

Die Referenzstrahlung wird nach Durchlaufen eines Referenzweges 14, der über den Strahlteiler 11, einen Umlenkspiegel 12 und eine Optik 13 führt, von einem Referenzempfänger 3 empfangen. Der Referenzweg 14 stellt die optische Kalibrierstrecke des Entfernungsmeßgerätes dar. Selbstverständlich kann der Referenzweg 14 je nach Platzverhältnissen im Gerät auch anders gestaltet und beispielsweise der Referenzempfänger 3 direkt dem Strahlteiler 11 nachgeordnet werden. Als Referenzempfänger 3 wird vorzugsweise eine PIN-Diode eingesetzt. Die elektrischen Signale des Referenzempfängers 3 werden an einen Frequenzmischer 4 weitergeleitet. Wird statt der PIN-Diode als Referenzempfänger 3 eine Avalanche-Fotodiode eingesetzt und diese als Direktmischer betrieben, so ersetzt sie zugleich den Frequenzmischer 4.

Dem Sender 1 wird eine hochfrequente Modulationsfrequenz aufgeprägt, mit der die emittierte Strahlung intensitätsmoduliert wird. Mit einer ähnlich großen Frequenz als Mischfrequenz werden gleichzeitig über eine elektrische Verbindungsleitung 5 der Meßempfänger 2 und der Frequenzmischer 4 versorgt. Dabei wird als Meßempfänger 2 eine Avalanche-Fotodiode eingesetzt, die als Direktmischer betrieben wird und die über einen Vorwiderstand 6 an einer variablen Vorspannung U_V liegt.

Die Mischung der vom Meßempfänger 2 empfangenen Meßsignale mit den Signalen der Mischfrequenz führt zu einem niederfrequenten Signal NF-MESS. Die bei der Mischung – oder mathematisch gesehen einer Multiplikation – der Signale ebenfalls entstehenden hochfrequenten Signaleanteile werden mit üblichen Filtern ausgesiebt. Zugleich

werden die Signale der Mischerfrequenz auch mit den von dem Referenzempfänger 3 empfangenen Referenzsignalen im Frequenzmischer 4 gemischt und führen zu einem niederfrequenten Signal NF-CAL. Die gegenseitige Phasenlage von NF-MESS und NF-CAL wird mit Hilfe je eines Phasenmessers gleichzeitig gemessen. Es wird die Phasendifferenz dieser niederfrequenten Signale gebildet, woraus sich die Entfernung zum Meßobjekt ergibt.

Erfahrungsgemäß sind der Meßempfänger 2 und Mischer 4 über die Verbindungsleitung 5, die mit der hochfrequenten Mischerfrequenz beaufschlagt wird, elektrisch miteinander verbunden. Dies hat den entscheidenden Vorteil, daß die vom Meßempfänger 2 erzeugten unerwünschten Phasenverschiebungen, die unvermeidbar aufgrund der temperaturabhängigen Spannungsnachführung der Vorspannung U_V entstehen, gleichzeitig und in gleichem Ausmaß die Signale NF-MESS und NF-CAL beeinflussen. Dadurch werden bei der Differenzbildung dieser beiden Signale die unerwünschten Phasenverschiebungen durch den Meßempfänger 2 vollständig ausgeglichen. Somit wird letztlich mit Hilfe der Verbindungsleitung 5 gemäß der Schaltungsanordnung in Fig. 1 eine sehr genaue Kalibrierung für die Entfernungsmessung ermöglicht.

Darüber hinaus werden zugleich auch die Driften des Senders 1 und seiner Treiberelektronik aufgrund des zeitgleichen Empfangs der Referenz- und Meßstrahlung während der laufenden Entfernungsmessung kompensiert. Somit ist die Phasendifferenz von Referenz- und Meßstrahlung unabhängig von der Drift des Senders 1. Die Phasendifferenz enthält im wesentlichen nur noch die Entfernungsinformation.

Mit dieser opto-elektronischen Kalibrierung erhöht sich die Entfernungsmeßgenauigkeit des Geräts bei kurzen Meßzeiten und kurz nach Einschalten des Geräts im Vergleich zu der Kalibrierung mit mechanischer Umschaltung deutlich. Zudem sind Gewicht und Kosten verringert, die Zuverlässigkeit des Geräts erhöht und eine größere Anzahl von Messungen mit nur einer Akkuladung möglich.

Für den Sender 1 ist gemäß Fig. 1 eine Laserdiode mit einer nach vorn gerichteten Strahlungsemission eingesetzt. Statt dessen können auch kommerziell erhältliche Laserdioden verwendet werden, die ihre Strahlung zugleich in zwei entgegengesetzte Richtungen emittieren. Dabei läßt sich die nach vorn gerichtete Strahlung als Meßstrahlung und die rückwärts gerichtete Strahlung als Referenzstrahlung nutzen. Die Referenzstrahlung kann direkt auf den Referenzempfänger 3 gerichtet werden. Somit braucht in diesem Fall die Referenzstrahlung nicht aus dem Meßstrahlengang ausgetrennt werden und es erübrigen sich der Strahlenteiler 11 und gegebenenfalls auch der Umlenkspiegel 12.

Weiterhin sind auch Laserdioden erhältlich, in denen zusätzlich eine Empfangsdiode integriert ist, die die rückwärts emittierte Laserstrahlung empfangen kann. Diese Empfangsdiode dient normalerweise zur Regelung der Laserlichtleistung. Sie kann aber für den erfahrungsgemäßen Zweck auch den Referenzempfänger 3 darstellen. Damit wird in einem einzigen elektronischen Baustein die Strahlungserzeugung und die Detektion der Referenzstrahlung realisiert. Bei dieser platzsparenden und kostengünstigen Variante müssen allerdings die Leistungsgrenzen der integrierten Empfangsdiode berücksichtigt werden.

Eine weitere Schaltungsvariante betrifft den Frequenzmischer 4. Üblicherweise werden die für den Sender 1 benötigte Modulationsfrequenz und die für den Meßempfänger 2 und den Frequenzmischer 4 benötigte Mischerfrequenz durch einen fest eingestellten und einen steuerbaren Quarzoszillator und mit Hilfe eines Frequenzmixers erzeugt. Dieser Frequenzmischer kann identisch sein mit dem Fre-

quenzmischer 4. In einem solchen Fall regeln die Phasenmesser automatisch stets die Differenz aus der Phase der Modulationsfrequenz und der Phase der Mischerfrequenz auf einen konstanten Wert. Wird dieser Wert durch eine Kalibrierung bei der Gerätefertigung ermittelt und im Gerät abgespeichert, so kann einer der beiden Phasenmesser entfallen. Somit kann die kontinuierliche, zeitgleiche opto-elektronische Kalibrierung während der Distanzmessung sogar mit nur einem Phasenmesser durchgeführt werden.

- 10 Weiterhin kann für eine weitere Ausgestaltungsvariante eine zusätzliche LED eingesetzt werden, mit deren Hilfe zu Beginn einer jeden Entfernungsmessung der Meßempfänger 2 mit einer bekannten Lichtintensität beleuchtet wird. Damit kann der Arbeitspunkt des Meßempfängers 2 eingestellt werden, d. h. es wird die Vorspannung U_V der als Meßempfänger 2 dienenden Avalanche-Fotodiode eingeregt. Dazu wird mit den im Entfernungsmessgerät bereits vorhandenen und erfahrungsgemäßen Mitteln die zusätzliche LED niederfrequent moduliert, um vom Hintergrundlichtpegel unabhängig zu sein, die modulierte Lichtemission vom Meßempfänger 2 gemessen und damit die Vorspannung U_V eingeregt. Dieser Vorgang läuft innerhalb weniger Millisekunden ab, wodurch die gesamte Meßzeit nur unerheblich beeinflußt wird. Vorteilhafterweise liefert diese anfängliche Einstellung der Vorspannung U_V auf ihren Arbeitspunkt bei jeder Entfernungsmessung einen zusätzlichen Beitrag zur Verbesserung der Meßgenauigkeit. Darüber hinaus kann sogar die sonst grundsätzliche Bestimmung des spezifischen Temperaturkoeffizienten einer jeden Avalanche-Fotodiode entfallen.

Schließlich kann der Erfindungsgegenstand auch mit einem aus dem Stand der Technik bekannten Entfernungsmessgerät kombiniert und verbunden werden. Fig. 2 zeigt schematisch eine solche Kombination der erfahrungsgemäßen optoelektronischen Kalibrierung mit einer herkömmlichen Kalibrierung mit Strahlumschaltung. Dabei kann die Meßstrahlung mit Hilfe der Strahlumschaltvorrichtung 20a, 20b über einen Strahlenteiler 12' und einen Spiegel 21 direkt auf den Meßempfänger 2 gelangen. Die Strahlumschaltvorrichtung 20a, 20b kann wie in Fig. 2 dargestellt mechanisch ausgeführt sein. Natürlich ist auch eine elektro-optische Ausführung möglich, z. B. mit Hilfe von Kerrzellen. Mit Hilfe der Strahlumschaltvorrichtung 20a, 20b wird somit alternierendem Kalibrier- und Meßsignal vom Meßempfänger 2 erzeugt, wobei beide Signale von den bereits beschriebenen Vorteilen der Verbindung 5 profitieren, und zugleich liegt auch das opto-elektronische Kalibriersignal des Referenzempfängers 3 vor. Insgesamt wird durch diese zweifache Kalibrierung die Meßgenauigkeit noch weiter gesteigert und übertrifft die Meßgenauigkeiten der Meßgeräte mit jeweils der einzelnen Kalibrierart. Für die Kombination und Verbindung der beiden Kalibrierarten müssen dann allerdings wieder lange Meßzeiten und ein aufwendigeres Meßinstrument in Kauf genommen werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kalibrierung von Entfernungsmeßgeräten mit einem Sender (1), der eine hochfrequente modulierte optische Strahlung emittiert und ein Meßobjekt beleuchtet, und mit einem Meßempfänger (2) und einem Referenzempfänger (3), wobei die Entfernungsmessung nach dem Phasenmeßprinzip erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß stets ein Teil der vom Sender (1) emittierten Strahlung zur Kalibrierung verwendet wird und eine interne Referenzstrecke (14) als Kalibrierstrecke durchläuft, sodann im Referenzempfänger (3) nachgewiesen wird und gleichzeitig mit der

vom Meßobjekt reflektierten und im Meßempfänger (2) detektierten Strahlung zur Entfernungsbestimmung ausgewertet wird, und daß als Meßempfänger (2) eine Avalanche-Fotodiode verwendet wird, deren Vorspannung U_v mit einer hochfrequenten Mischfrequenz überlagert wird, die zugleich auch auf einen mit dem Referenzempfänger (3) verbundenen Frequenzmischer (4) gegeben wird, und daß die gegenseitige Phasenlage des im Frequenzmischer (4) erzeugten niederfrequenten Kalibriersignals (NF-CAL) und des in der Avalanche-Fotodiode erzeugten niederfrequenten Meßsignals (NF-MESS) bestimmt wird.

2. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einem Sender (1), der eine hochfrequenter modulierte optische Strahlung emittiert und ein Meßobjekt beleuchtet, einem Meßempfänger (2), der die vom Meßobjekt reflektierte Strahlung detektiert, und einem Referenzempfänger (3), gekennzeichnet durch eine interne Referenzstrecke (14), die als Kalibrirstrecke dient und über die stets ein Teil der vom Sender (1) emittierten Strahlung auf den Referenzempfänger (3) gelenkt wird, und durch eine Verbindung (5) zwischen einem die elektrischen Signale des Referenzempfängers (3) empfangenden Frequenzmischer (4) und einer als Meßempfänger (2) dienende Avalanche-Fotodiode, wobei in die Verbindung (5) eine hochfrequente Mischfrequenz eingespeist wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Referenzempfänger (3) eine PIN-Fotodiode eingesetzt ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Referenzempfänger (3) im Sender (1) integriert ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Referenzempfänger (3) eine als Direktmischer betriebene Avalanche-Fotodiode eingesetzt ist, wodurch der Frequenzmischer (4) ersetzt ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Frequenzmischer (4) zugleich auch als Mischer zur Erzeugung der Mischfrequenz und der Modulationsfrequenz des Senders (1) vorgesehen ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß zur Arbeitspunkttermittlung des Meßempfängers (2) eine separate, niederfrequenter modulierte LED vorgesehen ist, die zu Beginn einer jeden Entfernungsmessung den Meßempfänger (2) mit einer bekannten Lichtintensität für eine sehr kurze Zeit beleuchtet.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Strahlumschaltvorrichtungen (20a, 20b) vorgesehen ist, die so eingestellt werden kann, daß die Strahlung des Senders (1) statt zum Meßobjekt direkt auf den Meßempfänger (2) geht.

55

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

60

65

- Leerseite -

Fig. 1

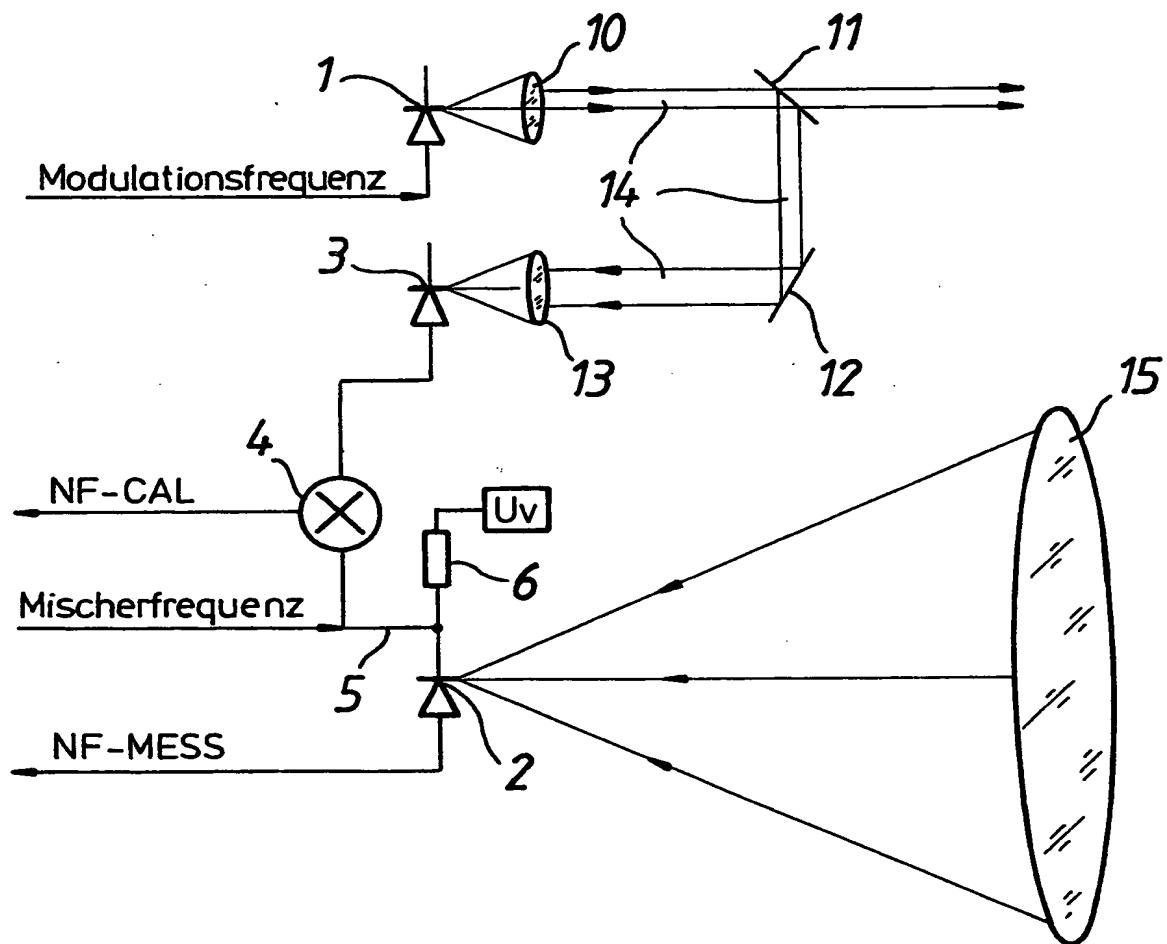


Fig. 2

